



# Kiintoainehäviöselvitys

Jussi Ylimys

Opinnäytetyö  
Tammikuu 2014  
Paperi-, tekstiili- ja kemian-  
tekniikan koulutusohjelma  
International Pulp and Paper  
Technology

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikan koulutusohjelma  
International Pulp and Paper Technology

JUSSI YLIMYS:  
Kiintoainehäviöselvitys

Opinnäytetyö 85 sivua, josta liitteitä 13 sivua  
Tammikuu 2014

---

Teoriaosassa käydään läpi yleisesti pyörrepuhdistuslaitoksen toimintaa sekä kiintoainehäviöitä paperi- ja kartonkitehtailla.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Metsä Boardin Kyröskosken tehtaan kiintoainehäviötä. Työssä selvitettiin, minkälaista kiintoainetta jätevesilaitokselle päätyy ja miksi. Selvityksen kohteena oli myös, missä kohteissa kiintoainehäviöt tarkalleen syntyvät ja kuinka paljon häviötä tapahtuu. Kahden edellä mainitun tiedon perusteella selvitettiin, kuinka paljon kiintoainehäviötä voitaisiin vähentää ja millä keinoilla. Lopuksi pohditaan, miten kiintoainetta voitaisiin hyödyntää ennen kuin se päätyy jätevesilaitokselle sekä kerrotaan, minkälainen arvo kiintoainehäviöllä on.

Kenttätutkimusten aikana tutkittiin kiintoainehäviöitä kartonkikoneelta, paperikoneelta, hiomosta, kemikaliosta, hajotusosastolta, lisämassa-asemalta, voimalaitokselta ja kuorimosta. Edellä mainituilta osastoilta haettiin tutkimusnäytteitä kiintoainetta sisältävistä jätevesistä, jotka kulkeutuvat jätevesilaitokselle. Näytteistä mitattiin kiintoaine- ja tuhkapitoisuus. Näytteenottopaikoista selvitettiin virtaama, jonka avulla laskettiin esimerkiksi kyseisen kohteen vuorokautinen kiintoainehäviö.

Opinnäytetyö sisältää luottamuksellista taustamateriaalia. Luottamuksellista materiaalia ovat työn tulokset, kiintoainehäviön vähentäminen ja hyödyntäminen sekä jatkotoimenpiteet.

## ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences  
Paper, Textile and Chemical Engineering  
International Pulp and Paper Technology

JUSSI YLIMYS:

Research of the Solids Matter Loss

Bachelor's thesis 85pages, appendices 13 pages  
January 2014

---

In theory section there are topics like functions of hydrocyclones and discussion about solids matter loss in paper and board mills in general.

The purpose of this thesis work was to find out the solids matter loss in Metsä Board Kyro mill. The goal was to research what kind of solids matter ends up in wastewater treatment plant and why. One of the targets was also to find out the exact positions where the loss of solids matter takes place. The amount of the solids matter loss was also researched in every section. After these studies the target was to find out how the loss of solids matter can be decreased and how much. Finally, there is a discussion how the solids matter can be used before ending up in the wastewater treatment plant and what is the value of solids matter loss.

The field research studies took place in the board machine, paper machine, groundwood plant, coating kitchen, stock preparation, supplement pulp station, power plant and debarking plant. Solids matter containing wastewater samples were taken from all of the above-mentioned sections. Solids and ash content was measured from all of the samples. The flow was researched from all the places where samples were taken. With flow and solids content it was possible to find out for example the loss of solids matter per day.

This bachelor's thesis includes confidential information. Results, decreasing and exploiting of solids matter loss and following operations are confidential information.

---

Key words:solids matter, recovery, loss, research, reject

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TEORIA .....	7
	2.1. Pyörrepuhdistuslaitos.....	7
	2.1.1 Toimintaperiaate .....	7
	2.1.2 Pyörrepuhdistuslaitoksen täyteainehäviö .....	9
	2.2. Kiintoainehäviö paperi- ja kartonkitehtailla .....	11
	2.2.1 Kiintoainehäviöiden pienentäminen .....	12
3	TYÖN TAUSTA JA RAJAAMINEN.....	17
	3.1. Työn rajaaminen .....	17
4	KENTTÄTUTKIMUKSET.....	19
	4.1. Prosesseihin tutustuminen.....	19
	4.2. Tutkimusnäytteiden haku.....	19
	4.2.1 Kiintoainepitoisuuden määrittäminen .....	20
	4.2.2 Tuhkapitoisuuden määrittäminen .....	21
	4.2.3 Näytteenotto kemikalion painesihdeiltä.....	22
	LÄHTEET .....	23

**LYHENTEET JA TERMIT**

aksepti	hyväksytty jae
Atrex	rejektin talteenottojärjestelmä
BCTMP	Bleached chemi-thermomechanical pulp eli valkaistu kemikuumahierre
BM1	kartonkikone, jolla valmistetaan taivekartonkia
FilRec	rejektin ja täyteaineiden talteenottojärjestelmä
Metso DNA	prosessinohjausjärjestelmä
Metso DNA Tracer	raportointityökalu, jonka avulla voidaan tutkia lokitietoja
Metso Nelprof 6.0	venttiilinmitoitusohjelma, jonka avulla voidaan selvittää esimerkiksi virtaus
PM3	paperikone, jolla valmistetaan tapetin pohjapaperia
rejekti	hylätty jae
0-vesi	suotautumis- ja suihkuvedet viira- ja puristinosalta

## 1 JOHDANTO

Metsä Board on osa Metsä Groupia ja se valmistaa taivekartonkia, valkopintaista kraft-laineria sekä päällystämätöntä hienopaperia. Yhteensä näitä kolmea lajia tuotetaan noin 1,7 miljoonaa tonnia vuodessa. Metsä Boardin liikevaihto oli vuonna 2012 noin 2,1 miljardia euroa ja se työllistää noin 3300 henkilöä. Kyröskosken tehdas on yksi Metsä Boardin yhdeksästä tehtaasta. Kyröskoskella valmistetaan tapetin pohjapaperia ja huipulaatuista taivekartonkia. Muut Metsä Boardin tehtaat sijaitsevat Tampereella, Simpeleellä, Äänekoskella, Kemissä, Joutsenossa, Kaskisissa, Husumissa ja Gohrsmühlessä.

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää kohteet, joissa kiintoainehäviötä syntyy ja se, millaista kiintoainetta jätevesilaitokselle päätyy ja miksi. Työn aikana tutkittiin myös, minkälaisia keinoja kiintoainehäviön vähentämiseksi on ja miten jätevesilaitokselle päätyntä kiintoainetta voitaisiin hyödyntää jatkossa. Tutkimuskysymyksiä ajateltiin mahdollisen säästöpotentiaalin kautta, joten euromäärien yhdistäminen kiintoainehäviöön oli oleellista.

Tutkimus aloitettiin prosessiin tutustumisella ja projektisuunnitelman laatimisella. Oli tärkeää selvittää eri osastojen prosessien kulku, koska sen avulla sai kuvan mahdollisista kiintoainehäviökohteista. Seuraava vaihe oli kenttätutkimukset, joita tehtiin viiden viikon ajan. Kenttätutkimusten aikana kerättiin näytteitä muun muassa jätevesilaitokselle päätyvistä jätevesistä ja lyhyistä kierroista peräisin olevista rejekteistä. Näytteitä kerättiin kartonkikoneelta, paperikoneelta, hiomosta, kemikaliosta, hajotusosastolta, voimalaitokselta, lisämassa-asemalta ja kuorimosta. Näytteistä analysoitiin Kyron laboratoriossa kiintoaine- ja tuhkapitoisuudet.

## 2 TEORIA

Tässä osiossa luodaan pohjaa työn kokeellisessa osassa käsiteltäville asioille ja ilmiöille. Teoriaosassa käydään läpi muun muassa pyörrepuhdistuslaitoksen täyteainehäviötä yleisellä tasolla. Osiossa perehdytään myös paperi- ja kartonkitehtaiden kiintoainehäviön teoriaan.

### 2.1. Pyörrepuhdistuslaitos

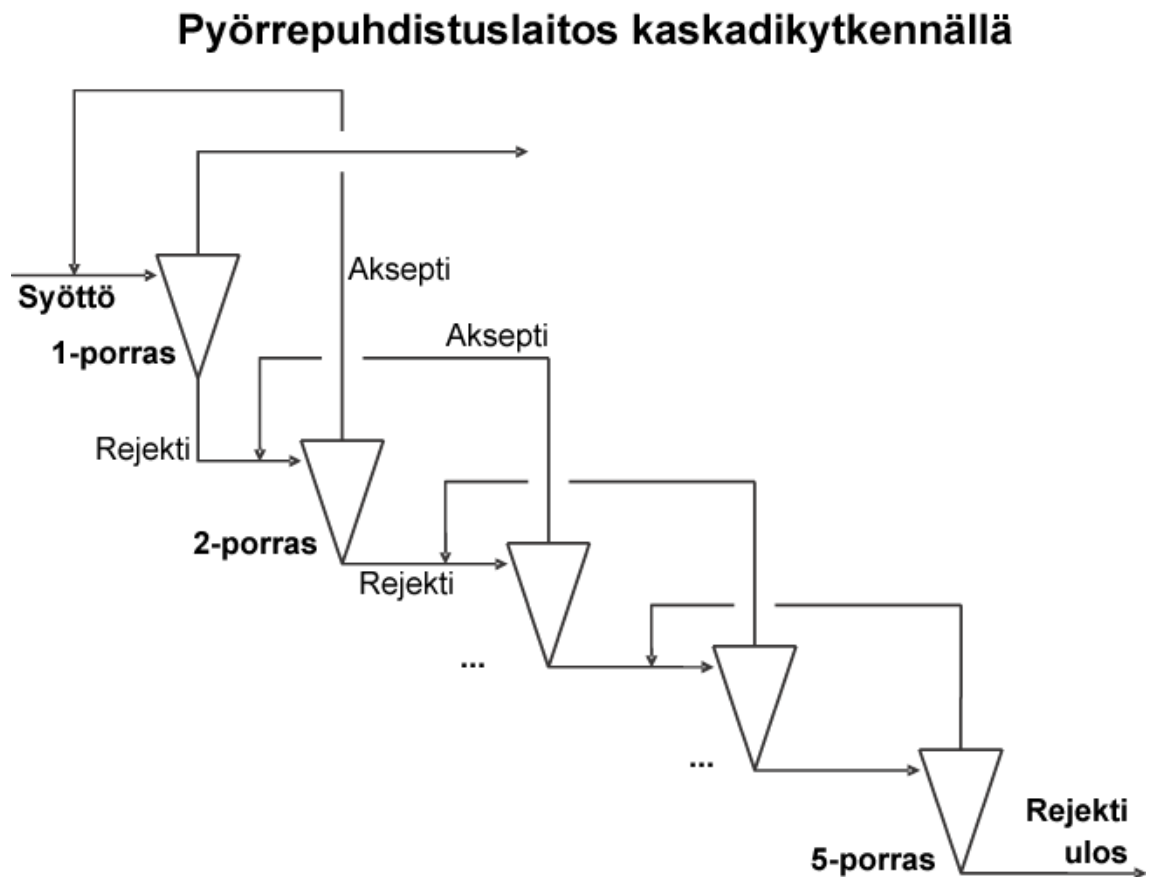
Pyörrepuhdistimia käytetään massa-, paperi- ja kartonkitehtaissa pääasiassa massan puhdistukseen sekä lajitteluun. Perälaatikkoa kohti kulkevan massan seassa voi olla eri syistä johtuen epäpuhtauksia, kuten hiekkaa, tikkuja ja metallia. Pyörrepuhdistuksen tehtävä on erotella nämä epäpuhtaudet massasta. Pyörrepuhdistuksessa syntyy kaksi jaetta, aksepti ja rejekti. Akseptiin ajautuu hyväksyttävä massan jae, kuten oikean painoiset ja pituiset kuidut. Rejektin mukana poistuu ominaispainoltaan kuitua raskaammat partikkelit, kuten metalli ja hiekka. (KnowPap2013, pyörrepuhdistuslaitos.)

Lyhyessä kierrossa pyörrepuhdistuslaitokset sijaitsevat usein viirakaivon ja ilmanpoistosäiliön välissä. Joissain tapauksissa pyörrepuhdistuslaitos voi olla suoraan yhdistettynä ilmanpoistosäiliöön. Prosessista riippuen pyörrepuhdistimia voidaan tarvita satoja. Tästä johtuen ne ovat yleensä sijoitettuna suurempiin yksiköihin, portaisiin. Portaiden lukumäärä riippuu siitä, kuinka hyvään erottelu- ja puhdistustulokseen halutaan päästä. Pyörrepuhdistuslaitoksessa on portaita yleensä 3-6 kappaletta. (KnowPap 2013, pyörrepuhdistuslaitos.)

#### 2.1.1 Toimintaperiaate

Pyörrepuhdistus perustuu keskipakovoimaan. Massa pyritään syöttämään alhaisessa sakeudessa kartion muotoiseen pyörrepuhdistimeen, pilliin. Pillissä massa joutuu voimakkaaseen pyörimisliikkeeseen, jonka seurauksena massan sisältämät partikkelit jakautuvat niiden koon, tiheyden ja muodon perusteella. Erottelutilanteessa tiheydeltään

suuremmat partikkelit, kuten hiekka ja metalli jakautuvat erilleen tiheydeltään pienemmistä partikkeleista. Pyörrepuhdistus erottelee partikkeleita toisistaan hieman myös koon perusteella, joten esimerkiksi tikut ja kuoren palaset erottuvat hyväksyttävästä jakeesta. Kuvassa 1 on perinteinen pyörrepuhdistuslaitoksen kaskadikytkentä. (KnowPap 2013, pyörrepuhdistuslaitos.)



KUVA1 Perinteinen pyörrepuhdistuslaitoksen kaskadikytkentä (KnowPap, 2013)

Pyörrepuhdistimen sisälle muodostuu kaksi pyörrettä. Toinen, kartion reunoille muodostuva pyörre suuntautuu kohti kartion pohjaa. Tämän pyörteen sisälle muodostuu päinvastaiseen suuntaan kulkeva pyörre, jonka kulmanopeus on suurempi kuin kartion reunalle muodostuvalla pyörteellä. Keskipakovoiman ansiosta kartion reunalle ajautuvat esimerkiksi raskaat ja suurikokoiset partikkelit. Nämä partikkelit ajautuvat kohti rejektiaukkoa, joka sijaitsee kartion muotoisen pyörrepuhdistinpillin alaosassa. Pillin keskelle muodostuvan nopeamman pyörteen mukana kevyemmät partikkelit, kuten kuidut kulkeutuvat ylöspäin kohti kartion yläosassa sijaitsevaa akseptiaukkoa. Esimerkiksi toisen



portaan aksepti johdetaan ensimmäisen portaan syöttöön, kuten kuvasta 1 nähdään. (KnowPap 2013, pyörrepuhdistuslaitos.)

Käänteisen pyörrepuhdistuksen avulla massasta poistetaan ominaispainoltaan kevyitä partikkeleita. Käänteinen pyörrepuhdistus toimii niin, että kartion keskelle muodostuvan nopeamman pyörteen mukana ylöspäin rejektiin kulkeutuvat muun muassa kumi, muovi, lateksi- ja liimapartikkelit. Käänteisessä pyörrepuhdistuksessa akseptiaukko sijaitsee kartion alaosassa, johon esimerkiksi hyväksyttävän kokoiset ja painoiset kuidut ajautuvat. Kuvassa 2 on pyörrepuhdistuslaitos. (KnowPap 2013, pyörrepuhdistuslaitos.)

### **Pyörrepuhdistus Celleco Cleanpac 700**



KUVA2 Pyörrepuhdistuslaitos (KnowPap, 2013)

#### **2.1.2 Pyörrepuhdistuslaitoksen täyteainehäviö**

Pyörrepuhdistuslaitoksella ominaispainoltaan suuret partikkelit, kuten täyteaineet ajautuvat rejektiaukkoa kohti pyörrepuhdistuspillin reunoja myötäilevän pyörteen mukana. Pigmenttien ja täyteaineiden suhteellinen määrä lisääntyy pyörrepuhdistuslaitoksen por-

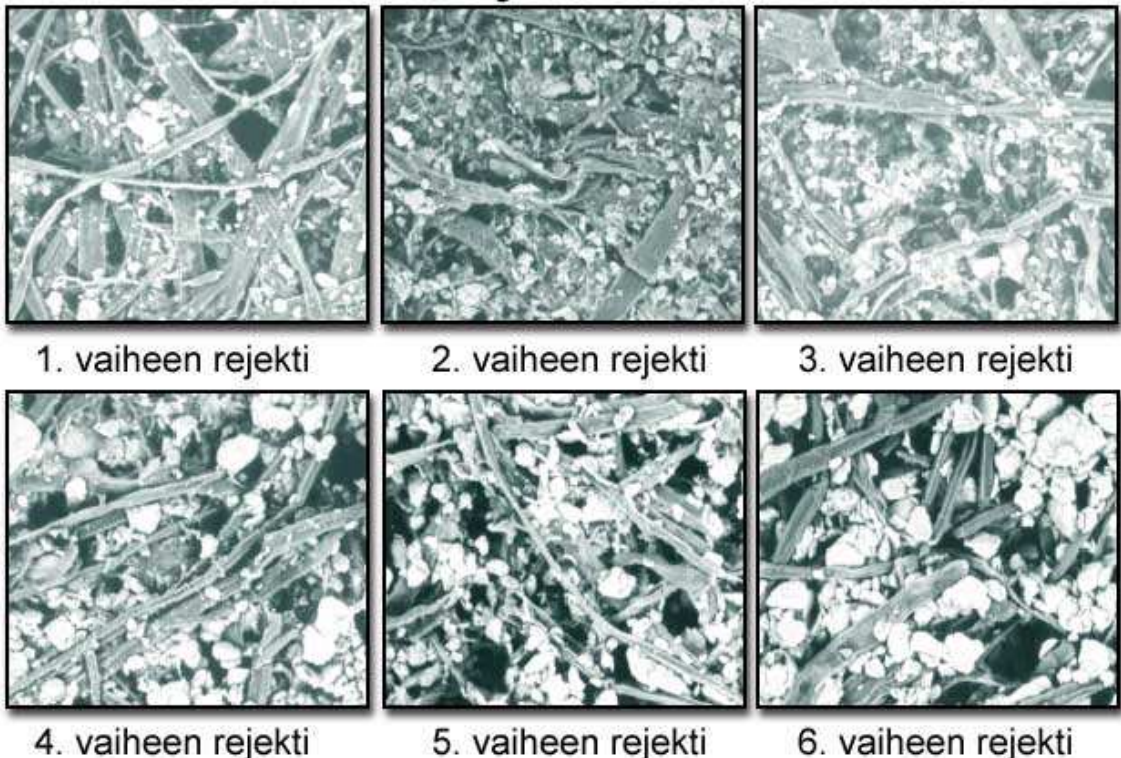
taiden rejekteissä eteenpäin mentäessä. Tämä johtuu siitä, että täyteainepartikkelit ovat ominaispainoltaan kuitua raskaampia ja varsinkin keskimääräistä suuremmat partikkelit ajautuvat rejektiin. Horttanaisen (2010) mukaan täyteaineen annostelupaikalla on merkitystä täyteaineen häviöön pyörrepuhdistuslaitoksella. Täyteainetta poistuu enemmän rejektin mukana, jos annostelupaikka sijaitsee ennen pyörrepuhdistuslaitosta. Tällaisessa tilanteessa osa täyteaineesta ajautuu pyörrepuhdistuslaitoksella suoraan rejektiin. Määrät vaihtelevat prosessista riippuen ja tästä johtuvat kustannukset voivat nousta vuositasolla merkittäväksi. Horttanaisen tutkimusten mukaan täyteaineen syöttöpaikan vaihtamisella pyörrepuhdistuslaitoksen perään ei ollut vaikutusta paineisiin ja näin ollen energiankulutus pysyi samana. Pyörrepuhdistimelle tulevan massavirran kokonaissakeus laski merkittävästi täyteaineen syöttöpaikan vaihduttua. Kokonaissakeuden lasku korreloi suoraantuhkapitoisuuden laskuun. (Horttanainen 2010, 53–56.)

Horttanaisen tutkimuksessa käsiteltiin 6 portaista pyörrepuhdistuslaitosta paperikoneella, jolla valmistetaan päällystämätöntä hienopaperia. Työn keskeinen tulos oli pyörrepuhdistuslaitoksen 6. portaan rejektin kiintoaine- ja tuhkapitoisuuden muutos, kun täyteaineen annostelupaikkaa vaihdettiin. Viimeisen portaan rejekti on usein jätevesikanalisiin johdettava jae.

Horttanaisen tutkimusten mukaan täyteaineen annostelupaikan muutos vähensi noin 25 % jäteveteen päätyvän kiintoaineen määrää. Vastaava kiintoaineen tuhkapitoisuuden lasku oli yli 30 % ja Horttanaisen mukaan kiintoainemäärän väheneminen johtuu täysin tuhkapitoisuuden laskusta. Tämä tarkoittaa sitä, että täyteainetta päätyy vähemmän rejektin mukana jätevesilaitokselle. (Horttanainen 2010, 53–56.)

Kiintoaine- ja tuhkapitoisuuden laskulla on positiivinen vaikutus pyörrepuhdistuslaitoksen erottelutehoon. Puhdistettavan massan sakeuden lasku näkyy välittömästi erottelutehon parantumisena. Kuvassa 3 on esitetty pigmenttien rikastuminen pyörrepuhdistuslaitoksen eri vaiheissa. (Horttanainen 2010, 53–56.)

## Pigmentit rikastuvat pyörrepuhdistuksen rejekteihin



KUVA3 Täyteaineen rikastuminen pyörrepuhdistuksessa (KnowPap, 2013)

### 2.2. Kiintoainehäviö paperi- ja kartonkitehtailla

Tässä työssä kiintoainehäviöllä tarkoitetaan jäteveden mukana jätevesilaitokselle päätyvää kiintoainetta. Kiintoainehäviöksi voidaan yleisesti laskea myös esimerkiksi hiomosta ja kuorimolta tulevat kuitupuun hukkapätkät. Kiintoainehäviö on suurimmaksi osaksi prosessin eri vaiheissa rejektinä poistuvaa ainesta. Yleensä häviötä tapahtuu, kun materiaalia puhdistetaan tai lajitellaan jollain perusteella. Esimerkiksi painesihti erottelee partikkelikoon mukaan materiaalin joko akseptiin tai rejektiin. Näin syntyy rejektivirtaa jätevesilaitokselle.

Jätevesilaitokselle päätyy jonkin verran myös raaka-aineeksi käyttökelpoista materiaalia. Esimerkiksi hiomosta päätyy pyörrepuhdistuslaitoksen viimeisten portaiden rejektien mukana tikkumassaa, joka voisi olla käytettävissä jauhatuksen jälkeen. Rejektin mukana on toki myös esimerkiksi hiekkaa ja muuta epäorgaanista ainetta, joka ei sovellu

paperin tai kartongin raaka-aineeksi. Yleisesti pyritään jauhamaan tikkumassa mahdollisimman hyvin, jotta kaikki käyttökelpoinen puuaines saadaan hyödynnettyä.

Kiintoainehäviölle voidaan laskea rahallinen arvo, kun tiedetään mistä kiintoaine koostuu ja kuinka paljon sitä syntyy eri kohteissa. Häviölle laskettava arvo on aina tarkempi, kun laskuissa käytettävien raaka-aineiden hinnat ovat ajankohtaisia ja tarkkoja. Kiintoainehäviön arvo on myös aina tarkempi, kun tutkimustulokset ovat pitkältä ajalta, koska esimerkiksi kuukauden aikana suoritettujen tutkimusten perusteella ei voida tarkkaan ennustaa koko vuoden tapahtumia. Kiintoainehäviön suuruus on suoraan yhteydessä esimerkiksi koneiden katkottomaan ajoon, ajonopeuksiin ja käytettäviin raaka-aineisiin. Kiintoainehäviön kartoittamisessa ja häviön arvon määrittämisessä on siis lukuisia muuttujia, jotka tulee ottaa huomioon tarpeellisella suuruudella.

Pienimäen (2010) tutkimusten mukaan paperikoneiden kiintoainehäviöön vaikuttaa merkittävimmin koneiden käynti. Koneiden käydessä tasaisesti on myös kiintoainehäviö melko tasaista ja ennalta arvattavaa. Koneen epätasainen käynti, kuten korkea katkojen määrä nostavat satunnaispäästöjen määrää merkittävästi. Mikäli epätasainen ajo kestää kauan, se nostaa vuodessa tapahtuvaa kiintoainehäviötä. (Pienimäki 2010, 51.)

### **2.2.1 Kiintoainehäviöiden pienentäminen**

Kiintoainehäviön vähentämistä suunniteltaessa täytyy olla ensin selvillä, mistä häviö johtuu ja kuinka paljon sitä tapahtuu. Tämän jälkeen voidaan alkaa kartoittamaan keinoja, joilla häviöön voidaan vaikuttaa. Taloudellisesti ajatellen kiintoainehäviöön on järkevintä vaikuttaa prosessissa etukäteen ennen kuin sitä pääsee tapahtumaan. Ensin tulisi selvittää keinot, joilla voidaan vähentää häviötä ilman erillisiä investointeja. Investoinnit tämänkaltaisiin projekteihin ovat yleensä melko kalliita, joten ne vaativat kunnon perustelut mennäkseen läpi. Esimerkiksi laitteiston optimointi maksaa huomattavasti vähemmän kuin uuden ostaminen, joten tämänkaltaisia töitä kannattaa tehdä ensimmäiseksi.

Pyörrepuhdistuslaitoksen säännöllisellä optimoinnilla voidaan pitää huoli siitä, että kiintoainetta kulkeutuu rejektin mukana mahdollisimman vähän. Optimoinnilla tarkoitetaan

lähinnä syöttö-, aksepti- ja rejektipaineiden säätöä esimerkiksi valmistajan suositusarvoihin. Pyörrepuhdistuslaitoksen erottelutehokkuuteen vaikuttaa suuresti myös sinne syötettävän massan sakeus, joten syöttösakeudet tulisi myös tarkastaa ja miettiä niiden mahdollisia säätövaroja. Pyörrepuhdistuslaitoksen pillit kuluvat myös ajan saatossa, joten niiden kunto tulisi tarkistaa ainakin kerran vuodessa. Esimerkiksi pyörrepuhdistinpillin alaosa saattaa kulua kovan epäorgaanisen materiaalin hiovasta vaikutuksesta. Tästä on seurauksena rejektiaukon koon kasvaminen ja sitä kautta rejektin suhteellisen määrän kasvaminen. (Horttanainen 2010, 40–44 & KnowPap 2013, pyörrepuhdistuslaitos.)

Paperi- ja kartonkikoneen märässä päässä käsitellään valtavia määriä vettä. Esimerkiksi kartonkikoneella perälaatikkojen kokonaisvirtaus viiralle voi olla 1000–2000 litraa sekunnissa. Kartonkikoneella runko-, selkä- ja pintakerroksen konesäiliöistä pumpataan massaa satoja litroja sekunnissa lyhyeen kiertoön viirakaivoon. Tästä syystä massan puhdistuksessa syntyvän rejektin määrä on kohtalaisen suuri. Paperi- ja kartonkikoneilla lyhyessä kierrossa pyörrepuhdistuslaitoksen viimeisessä portaassa syntyvän jätevesilaitokselle kulkeutuvan rejektin määrä on yleensä satoja kuutioita vuorokaudessa. Tässä rejektissä on massan sakeudesta riippuen useita tonneja kiintoainetta. Yleisesti voidaan olettaa, että pyörrepuhdistuslaitoksen käsittelemästä aineksesta ajautuu rejektinä ulos noin 0,2 – 0,4 %. (KnowPap 2013, pyörrepuhdistuslaitos.)

Pyörrepuhdistuslaitoksen yhteyteen on tarjolla rejektin talteenottojärjestelmiä. Markkinoilta löytyvät ainakin Megatrexin kehittämä Atrex ja Ahlströmin kehittänyt FilRec. Atrexin avulla on mahdollista palauttaa 90–97 % rejektivirrasta takaisin käyttöön. Atrex-talteenotto koostuu kolmesta pääkomponentista. Laitteeseen syötettävä rejekti menee ensimmäisenä dispersaattoriin. Dispergoinnin tarkoituksena on voimakkaiden turbulenttien leikkausvoimien avulla käsitellä ja hajottaa ylisuuret partikkelit. Pyörrepuhdistuslaitoksen viimeisen portaan rejekti sisältää usein suhteessa paljon täyteainetta ja esimerkiksi hylystä tulevia hajoamattomia pigmenttilastuja. Dispergaattorista massa johdetaan laimennussäiliöön, jossa se laimennetaan pyörrepuhdistukseen sopivaksi. Laimennussäiliöstä massa syötetään Atrexin pyörrepuhdistimille, josta aksepti palauteetaan takaisin esimerkiksi pyörrepuhdistuslaitoksen 2. portaaseen. (Megatrex, 2008 & KnowPap 2013, pyörrepuhdistuslaitos.)

Ahlströmin kehittämä FilRec on tarkoitettu käytettäväksi paperi- ja kartonkikoneilla, joilla tehdään laatuja, mitkä sisältävät suuria määriä täyteaineita. FilRec pystyy käsittelemään rejektiä, jonka tuhkapitoisuus on 80–85 %. FilRec – systeemi voidaan neljään vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa systeemiin syötettävä rejekti sihdataan hienoon ja karkeaan jakeeseen. Sihdin aukkokoko on yleisemmin 200 µm. Karkea jae sisältää jäykkiä kuituja ja suuria partikkeleita, kuten kuitukimppuja. Hieno jae puolestaan sisältää pigmenttilastuja, täyteaineita ja vettä. Toisessa vaiheessa on tarkoitus palauttaa osa täyteaineesta takaisin kiertoon. Erillisen erottelulaitteiston avulla kiertoon palautetaan alle 10 µm:n kokoiset täyteainepartikkelit. Tässä vaiheessa syntyvä rejekti sisältää pääosin pigmenttilastuja ja suuria täyteainepartikkeleita. Rejekti saostetaan 20–50 %:n kuiva-ainepitoisuuteen ja se ohjataan mineraalien dispergointiportaaseen. Dispergoinnin aikana suurikokoisiin täyteainepartikkeleihin ja pigmenttilastuihin kohdistetaan kovia turbulenttisia leikkausvoimia. Nämä voimat yhdistettynä jauhatusvaikutukseen hajottavat täyteaineet ja pigmenttilastut hyväksyttävän kokoisiksi. Täyteainepartikkelit ja pigmenttilastut kierrätetään tämän vaiheen kautta 4-6 kertaa, jotta ne saavuttavat hyväksyttävän täyteainekoon. Tästä vaiheesta lähtee kierto myös takaisin toisen vaiheen alkuun, jossa aksepti palautetaan takaisin kiertoon paperin tai kartongin raaka-aineeksi. Toisen portaan aksepti sisältää myös paperin- tai kartonginvalmistukseen käyttökelpoista kuitua ja hienoainetta. (Bajpai, 2011.)

Paperi- ja kartonkikoneilla tapahtuu kiintoainehäviötä myös kuivassa päässä. Eräs merkittävä häviön lähde on päällystysasemien konekiertojen sihdit. Päällystysasemien konekierroissa päällystyspastan sihtauksessa käytetään usein painesihdejä, tärysihtejä tai molempia. Sihtauksen ideana on poistaa epäpuhtaudet päällystyspastasta ennen kuin se applikoidaan paperiin tai kartonkiin. Epäpuhtaudet voivat aiheuttaa esimerkiksi terävii-ruja, kun liian suuri partikkeli kulkeutuu applikointialueelle kaavinterän taakse ja jää sinne. (KnowPap 2013, päällystys & Suhonen, 2011.)

Päällystysasemilla paine- ja tärysihdit tekevät rejektintyhjennyksen tietyin väliajoin. Rejektintyhjennysväli asetetaan valvomosta käsin tilanteeseen sopivaksi. Rejektintyhjennyksessä päätty vaihteleva määrä rejektiä jätevesikanaaliin. Rejektin määrä vaihtelee riippuen prosessista, päällystyspastasta ja käytössä olevista sihdeistä. Rejektiventtiili on yleensä auki vain muutaman sekunnin, jonka jälkeen alkaa putkien huuhtelu lämpimällä kemiallisella vedellä. Painesihdeistä rejekti vapautuu erittäin suurella paineella, joten

sen virtaama voi olla esimerkiksi 20 l/s. Rejektintyhjennys suoritetaan yleensä 90–180 minuutin välein, joten vuorokaudessa voi kertyä esimerkiksi 0,5 m<sup>3</sup> rejektiä. Päällystyspastan kuiva-ainepitoisuus on korkea, yleensä yli 600 g/l, joten kiintoainehäviö on merkittävä. Päällystyspastan raaka-aineet ovat usein melko kalliita. Esipastan kuivatonnin hinta on noin 300 euroa ja pintapastan kuivatonnin hinta noin 400 euroa. (KnowPap 2013, päällystys & OPTI-4000/4010 LS painesihdin asennus-, käyttö- ja huolto-opas 2001, 7)

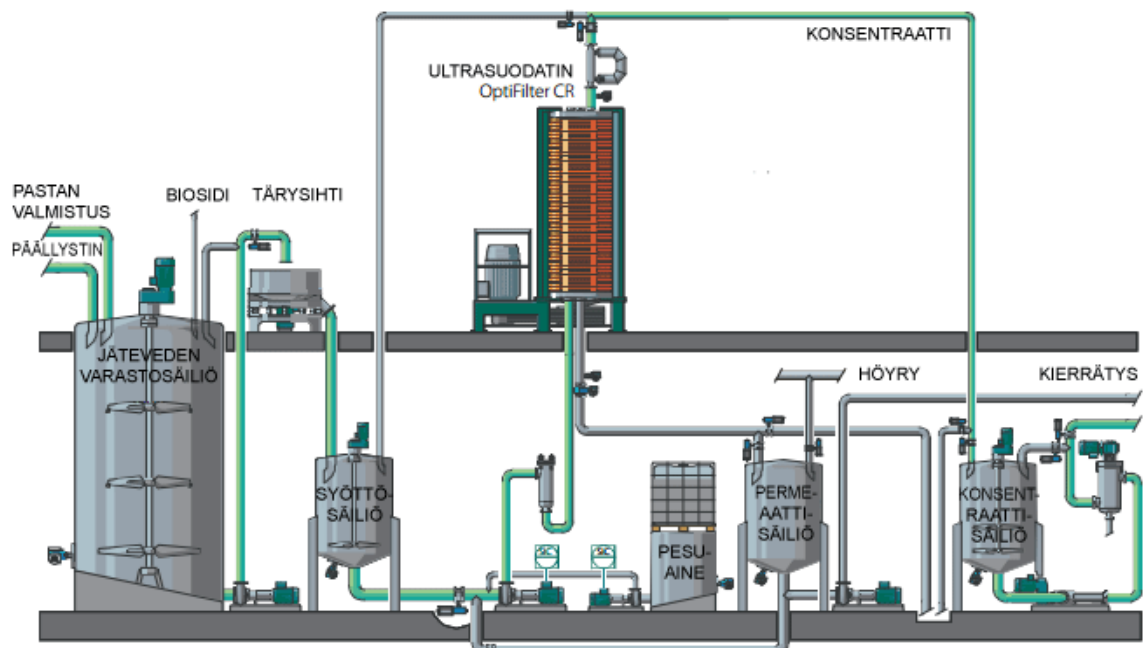
Tehtaasta ja prosesseista riippuen päällystyspastan valmistuksessa ja päällystäessä syntyy jätevesiä 1-5 % valmistetusta päällystemäärästä. Määrä voi olla myös suurempi. Merkittäviä kiintoainehäviön aiheuttajia ovat asemien ja konekiertojen pesut. Suuria päästöjä aiheutuu myös lajinvaihdossa ja sihtien pesuissa. Päällystepitoisille vesille on olemassa talteenottojärjestelmä. Yleensä päällystepitoisten vesien käsittelyssä käytetään ultrasuodatusmenetelmää. Päällystepitoiset vedet johdetaan ensin jäteveden varastosäiliöön. Sieltä ne pumpataan edelleen tärysihdille, joka erottelee jätevedestä suuret partikkelit, kuten hiekanjyväset. Tärysihdiltä aksepti johdetaan syöttösäiliöön, josta päällystepitoinen jätevesi johdetaan ultrasuodattimelle. (KnowPap 2013, päällystys.)

Ultrasuodatus perustuu puoliläpäisevään suodatinkalvoon eli membraaniin. Päällystepitoinen jätevesi johdetaan paineen avulla kalvon läpi, jolloin kalvolle jää konsentraatti ja kalvon läpäissyt jae on permeaatti. Suodatinkalvon aukkokoko on 0,001 – 0,1 µm. Aukkokoon mukaan suodatinkalvo läpäisee esimerkiksi veden, lyhyet sokerimolekyylit ja metalli-ionit. Ultrasuodatus sopii yleensä pieniä partikkeleita sekä makromolekyylejä sisältävän nesteen käsittelyyn. Itse prosessissa konsentraatin saostuminen kalvolle estetään turbulenttisella virtauksella. Turbulenssi voidaan luoda joko sopivalla virtausnopeudella tai mekaanisella sekoituksella. (KnowPap 2013, päällystys.)

Ultrasuodattimen rakenne koostuu useista päällekkäin pinotuista kennoista, joissa on kaksi suodatinkalvoa. Jätevesi johdetaan näiden kennojen väliin, joten konsentraatti jää kennojen väliseen tilaan ja permeaatti kulkeutuu kennojen sisään. Permeaatti johdetaan kennojen sisältä ulos suodattimesta. Konsentraatin kuiva-ainepitoisuus on yleensä 30 – 40 % ja sitä säädellään ultrasuodattimelle tulevalle virtauksella. Ultrasuodatuksessa syntyvää konsentraattia voidaan käyttää uudelleen pastanvalmistusprosessissa. Konsentraattia voidaan lisätä noin 10 % tuoreen pastan sekaan ilman, että päällysteen laatu kär-

sii. Permeaattia voidaan käyttää uudelleen esimerkiksi pesu-, lietto- tai prosessivetenä. Kuvassa 4 on esitetty perinteisen 1-vaiheisen ultrasuodattimen rakenne. (KnowPap 2013, päällystys.)

## Päällystyksen jätevesien käsittely Perinteinen 1-vaiheinen ultrasuodatus



KUVA4Ultrasuodatus (KnowPap, 2013)



### 3 TYÖN TAUSTA JA RAJAAMINEN

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Metsä Board Kyrolla tapahtuvaa kiintoainehäviötä. Kiintoainehäviöselvityksen tarkoituksena oli selvittää häviöpaikkoja mahdollisimman yksityiskohtaisesti sekä myös selvittää kiintoaineen koostumus ja syyt mitkä aiheuttavat häviötä. Työn yhtenä osa-alueena oli myös selvittää, miten kiintoainehäviöitä saataisiin pienennettyä ja minkälainen säästöpotentiaali häviökohteissa on.

#### 3.1. Työn rajaaminen

Selvityksessä oli tarkoitus tutkia koko tehtaan kiintoainehäviöitä. Tutkimuksia oli määrä tehdä kartonkikoneella, paperikoneella, hiomossa, hajotusosastolla, kemikaliossa, lisämassa-asemalla, voimalaitoksella ja kuorimossa. Työn tekemiseen vaadittavan tutkimusmateriaalin hankkiminen oli tarkoitus suorittaa kenttätutkimuksia tekemällä, joiden aikana suunniteltiin kerättävän lukuisia tutkimusnäytteitä tehtaan eri osastoilta.

Tutkimusnäytteistä oli määrä selvittää niiden kiintoaine- ja tuhkapitoisuus, jotta niiden avulla saataisiin karkea kuva kiintoaineen koostumuksesta. Tarkoitus oli myös selvittää, miksi eri paikoista jäteveeten päätyvän kiintoaineen koostumus on tietynlainen. Jokaisesta näytteenotto paikasta oli tarkoitus selvittää mahdollisimman tarkkaan virtaama, jonka avulla pystyttäisiin laskemaan mahdollisimman tarkka vuorokausittainen kiintoainehäviö. Työssä oli tarkoitus pyrkiä selvittämään jokaisen tutkitun osaston suurimmat kiintoainehäviökohteet ja sen jälkeen niiden mahdollinen säästöpotentiaali. Työssä pyrittiin myös ymmärtämään kunkin osaston kiintoainehäviön syyt ja mekanismit.

Työn aikana oli tavoitteena löytää keinoja kiintoainehäviön vähentämiseen. Kenttätutkimuksissa saatujen tulosten analysoinnin jälkeen oli tarkoitus pohtia, millä keinoilla edellä mainittujen osastojen kiintoainehäviötä pystyttäisiin vähentämään ja kuinka paljon. Edellä mainittuun liittyy myös, miten kiintoainetta pystyttäisiin käyttämään hyväksi ennen kuin se päätyy jätevesilaitokselle. Työn yhtenä merkittävänä tavoitteena oli löytää kunkin osaston vuorokausittaiselle kiintoainehäviölle mahdollisimman tarkka arvo. Opinnäytetyön aikana oli tarkoitus myös selvittää mahdollisia investointeja, jotka olisi-

vat taloudellisesti järkevää toteuttaa ja niistä olisi hyötyä kiintoainehäviön vähentämisessä.

## **4 KENTTÄTUTKIMUKSET**

Kenttätutkimukset kestivät viisi viikkoa ja ne loivat perustankiintoainehäviöselvityksen tekemiselle. Kenttätutkimusten aikana kerättiin laajalti aineistoa, jonka perusteella voitiin vastata tutkimuskysymyksiin sekä tehdä johtopäätökset ja määrittää jatkotoimenpiteet. Tässä osiossa käydään läpi kenttätutkimuksissa käytettyjä menetelmiä ja tutkimustapoja.

### **4.1. Prosesseihin tutustuminen**

Kenttätutkimukset aloitettiin tutustumalla prosesseihin, jotta saatiin mahdollisimman hyvä kokonaiskuva siitä, mitä milläkin osastolla tapahtuu. Tämä vaihe oli oleellinen työn onnistumisen kannalta, koska kiintoainehäviökohteet alkoivat hahmottua tutustumisen aikana. Tutustumisen aikana käytiin läpi kartonkikone, paperikone, hiomo, hajotusosasto, kemikalio, voimalaitos, lisämassa-asema ja kuorimo. Kohteesta riippuen tähän käytettiin aikaa 1-2 päivää. Tutustumisvaiheessa opastajina toimivat lähinnä prosessinhoitajat ja tässä vaiheessa hekin pääsivät kertomaan oman näkemyksensä kiintoainehäviöistä sekä niiden aiheuttajista.

### **4.2. Tutkimusnäytteiden haku**

Prosesseihin tutustuttaessasuunniteltiin näytteenottokierrokset, joita kertyi lopulta neljä kappaletta. Näytteenottokierrokset sisälsivät yhteensä 21 näytteenottopaikkaa, jotka saattoivat kierroksittain hieman vaihdella esimerkiksi koneiden ajotilanteiden vuoksi. Näytteitä kerättiin kenttätutkimusten aikana 111 kappaletta ja jokaisesta tehtiin Kyron omassa laboratorioissa kiintoaine- ja tuhkamääritykset. Näytteet otettiin näytteenottopaikasta riippuen 0,5 – 1 litran kokoiseen korkilliseen muovipulloon. Jotkin näytteistä otettiin suoraan esimerkiksi rejektintyhjennysputken päästä ja jotkut taas otettiin kanaalissa virtaavasta jätevedestä. Tämä vaihteli suuresti eri näytteenottopaikkojen välillä. Näytteet pyrittiin ottamaan aina samalla tavalla tulosten luotettavuuden varmistamiseksi. Kartonkikoneen ja paperikoneen jätevesikanaaleista näyte otettiin jatkovarrellisella

näytteenottokauhalla. Näyte otettiin aina keskeltä virtausta, jossa kiintoainevirtaus pysyy samanlaisena verraten voimakkuudeltaan vaihtelevaan pintavirtaukseen. Jätevesikanaaleihin on saattanut ajan kuluessa laskeutua kiintoainetta, joka lähtee satunnaisesti, esimerkiksi virtaaman voimakkuuden vaihdellessa, liikkeelle. Tätä ei ole tutkittu tarkemmin, mutta se on täysin mahdollista ja tulee ottaa huomioon. (Juvonen, 2009)

Näytteenottohetkellä näytepulloon merkattiin tarkka kellonaika, jotta voitiin myöhemmin tarkastella esimerkiksi koneiden ajotilanteen vaikutusta otettuun tutkimusnäytteen. Näytteiden analysoinnin jälkeen näytepullot puhdistettiin ja kuivattiin huolella seuraavaa kertaa varten. Näin pyrittiin varmistamaan, että näytepulloihin ei jäänyt edellisiltä kierroksilta epäpuhtauksia.

#### **4.2.1 Kiintoainepitoisuuden määrittäminen**

Kiintoainepitoisuus selvitettiin otetuista näytteistä imusuodatusmenetelmällä. Ennen laboratoriomittauksia suodatinpaperit (Whatman 589/2, tuhkaton) valmisteltiin kuivatamalla ne ominaispaineensa  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ :ssa lämpökaapissa vähintään 2,5 tuntia. Tämän jälkeen suodatinpaperit siirrettiin eksikaattoriin jäähtymään 30 minuutiksi, jonka jälkeen ne punnittiin 0,0001 gramman tarkkuudella Mettler Toledo XS204 vaa'alla, jonka tarkkuus on 0,1 milligrammaa. Näytteet laitettiin eksikaattoriin, jotta kosteus ei päässyt imeytymään suodatinpaperiin ennen punnitusta ja näin vääristämään punnitustulosta. Suodatinpaperit soveltuivat ominaisuuksiltaan niin jätevesien kuin massaa sisältävien näytteiden suodatuksen. Kaikkien laboratoriomittauksissa käytettyjen suodatinpaperien ominaispainot löytyvät liitteestä 1.

Imusuodatus aloitettiin kytkemällä imu päälle Büchner-suppiloon. Seuraavaksi suppilon pohjalle laitettiin suodatinpaperi ja se kasteltiin tislattulla vedellä, jotta suodatus olisi mahdollisimman tasainen koko suodatinpaperin laajuudelta. Tämän jälkeen otettiin oletetusta kiintoainepitoisuudesta riippuen 50–250 ml tutkittavaa näytettä mittalasiin ja kaadettiin se kerralla Büchner-suppiloon suodatinpaperin päälle. Veden kulkeutuminen suodatinpaperin läpi kesti useimmiten minuutista kahteen. Poikkeuksena paljon kiintoainetta sisältävien näytteiden suodatus saattoi kestää jopa yli puoli tuntia. Suodatus oli valmis, kun kaikki vesi oli suodautunut suodatinpaperin läpi. Tämän jälkeen kytkettiin

imu pois päältä ja suodatinpaperi kiintoaineineen irrotettiin varovasti büchnersuppilon pohjalta. Tässä vaiheessa oltiin erityisen tarkkoja siitä, että kaikki kiintoaine saatiin suodatinpaperille. Sen jälkeen kun kaikki päivän suodatukset oli tehty, näytteet vietiin kuivumaan lämpökaappiin  $105 \pm 5$  °C:een vähintään 2,5 tunniksi.

Kuivattamisen jälkeen näytteet siirrettiin eksikaattoriin jäähtymään vähintään 15 minuutiksi. Jäähtymisen jälkeen näytteet punnittiin yksi kerrallaan niin, että loput näytteistä jäivät punnitsemisen ajaksi eksikaattoriin. Näin voitiin varmistaa, etteivät näytteet ime-neet itseensä kosteutta ennen punnitusta. Punnitustulokset otettiin tarkasti ylös 0,0001 gramman tarkkuudella. Kiintoaineen määrä saatiin selville vähentämällä suodatinpaperin ja kiintoaineen yhteispainosta suodatinpaperin paino. Kiintoainepitoisuus mg/l saatiin selville jakamalla kiintoaineen punnituspaino kunkin näytteen tilavuudella litroina ja kertomalla luku tuhannella.

#### **4.2.2 Tuhkapitoisuuden määrittäminen**

Kiintoaineen tuhkapitoisuus määritettiin tuhkaamalla näyte. Sen jälkeen, kun kiinto-ainepitoisuudet oli määritetty, laitettiin näytteet suodatinpapereineen merkattuihin upokkaisiin. Upokkaat laitettiin  $450 \pm 10$  °C:een tuhkauuniin vähintään 2,5 tunniksi. Käytetyt suodatinpaperit olivat tuhkattomia (Whatman 589/2), joten tuhkauksen jälkeen jäljelle jäi vain kiintoaineesta peräisin oleva palamaton, epäorgaaninen aine. Tuhkauunista upokkaat siirrettiin eksikaattoriin jäähtymään vähintään 30 minuutiksi. Jäähtymisen jälkeen upokkaat punnittiin tarkasti 0,0001 gramman tarkkuudella, niin kuin suodatinpaperit kiintoainepitoisuuden määrittämisen yhteydessä. Upokas punnittiin tuhki-neen, jonka jälkeen se tyhjennettiin välittömästi tuhkasta pienen harjan avulla ja tyhjä upokas punnittiin. Tuhkan määrä saatiin vähentämällä upokkaan paino upokkaan ja tuhkan painosta. Tuhkapitoisuus prosentteina saatiin selville jakamalla tuhkan massa kiintoaineen massalla ja kertomalla luku sadalla.

#### 4.2.3 Näytteenotto kemikalion painesihdeiltä

Kemikaliossa on kahdeksan painesihtiä pigmenteille ja kolme painesihtiä täyteaineille. Kemikalion jätevedet päätyvät paperikoneen jätevesikanaaliin. Täyteaine 1 painesihti sijaitsee hajotusosaston kellarissa ja rejektintyhjennyksessä poistuva aines päätyy kartonkikoneen jätevesikanaaliin.

Näytteet otettiin kolmelta kemikaliossa sijaitsevalta painesihdiltä. Tarkoitus oli selvittää painesihdiltä tuleva rejektin määrä sekä sen keskimääräinen kiintoainepitoisuus. Näytteet otettiin päästämällä yhden painesihdin rejekti ja pesuvesi pigmenttien rejektisäiliöön. Rejektisäiliön pohjaventtiili pidettiin suljettuna, jotta kaikki painesihdiltä tuleva aine pysyisi säiliössä. Rejektin ja huuhteluveden määrä selvitettiin mittaamalla rejektisäiliön pinnankorkeus, koska rejektisäiliön pinnankorkeusmittaus ei vaikuttanut luotettavalta. Säiliö on sylinterin muotoinen, joten kun tiedettiin säiliön tilavuus ( $0,25 \text{ m}^3$ ), voitiin pinnankorkeuden avulla selvittää rejektin määrä säiliössä. Kiintoainepitoisuus selvitettiin sekoittamalla pigmenttipitoinen vesi mahdollisimman hyvin säiliössä, minkä jälkeen suoritettiin nopea näytteenotto säiliön keskivaiheilta. Näytteen kiintoainepitoisuus mitattiin kemikalion valvomossa sijaitsevalla Mettler Toledo – infrapunakuivaimella. Näytteenotossa käytettiin pastanäytteidenottoa varten tehtyä varrellista näytteenottokauhaa.

## LÄHTEET

Bajpai, P. 2011. Environmentally Friendly Production of Pulp and Paper. John Wiley&Sons. Luettu 22.1.2014.

<http://books.google.fi/books?id=EcGmVX8lYGUC&printsec=frontcover&hl=fi#v=onepage&q&f=false>

Horttanainen, M. 2010. Täyteaineen syöttöpaikan vaikutus pyörrepuhdistuslaitoksen toimintaan. AMK-opinnäytetyö. Saimaan ammattikorkeakoulu. Luettu 20.1.2014.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/12745/Horttanainen\\_Matti.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/12745/Horttanainen_Matti.pdf?sequence=1)

Juvonen, J. 2009. Kartonkikoneen kiintoainehävikki ja Atrex-talteenoton toiminnan optimointi. AMK-opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.

KnowPap versio 15.0. 2013. AEL / Proledge Oy. Pyörrepuhdistuslaitos. Luettu

19.1.2014.[http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/paperboard\\_technology/5\\_short\\_circulation/8\\_centricleaners/frame.htm](http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/paperboard_technology/5_short_circulation/8_centricleaners/frame.htm)

KnowPap versio 15.0. 2013. AEL / Proledge Oy. Päällystys. Luettu 23.1.2014.

[\\srvkyro\Ohjelmat\KnowPap\suomi\knowpap\\_system\user\\_interfaces\board\\_machines\\_new\coating.htm](\\srvkyro\Ohjelmat\KnowPap\suomi\knowpap_system\user_interfaces\board_machines_new\coating.htm)

OPTI-4000/4010 LS painesihdin asennus-, käyttö- ja huolto-ohje. 2001. Metso Paper.

Pienimäki, T. 2010. Paperitehtaan jätevesien puhdistus sekä Tervakoski Oy:n kiintoainepäästökartoitus. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Luettu 20.1.2014.

<http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/6628/pienimaki.pdf?sequence=3>

Suhonen, J. 2011. Viirutusongelman ratkaisu sauva-applikoinnissa lyhytviipymäasemalla. AMK-opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Luettu 23.1.2014.

[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31682/Suhonen\\_Jussi.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31682/Suhonen_Jussi.pdf?sequence=1)

Technology for Reject Treatment and Recover. Megatrex 2008. Luettu 21.1.2014.

<http://www.megatrex.com/data/File/Reject%20&%20Recovery.pdf>